



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 271 966**

51 Int. Cl.:
H04Q 7/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **97905017 .6**

86 Fecha de presentación : **13.02.1997**

87 Número de publicación de la solicitud: **0898850**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **03.03.1999**

54 Título: **Método y aparato para la comunicación por radio direccional.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

73 Titular/es: **Nokia Corporation**
Keilalahdentie 4
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Katz, Marcos**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 271 966 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la comunicación por radio direccional.

5 La presente invención se refiere a un método y un aparato para la comunicación por radio direccional en el que las señales entre una primera estación y una segunda estación pueden transmitirse solamente en determinadas direcciones. En particular, pero no exclusivamente, la presente invención puede aplicarse a las redes de comunicación celular que utilizan el acceso múltiple por división de espacio.

10 Con las redes de comunicación celular implementadas actualmente se proporciona una estación transceptora de base (BTS) que transmite señales destinadas para una determinada estación móvil (MS) que puede ser un teléfono móvil, por una célula o un sector de célula atendida por esa estación transceptora de base. Sin embargo, ahora se han propuesto los sistemas de acceso múltiple por división de espacio (SDMA). En un sistema de acceso múltiple por división de espacio la estación transceptora de base no transmitirá señales destinadas a una estación móvil determinada
15 a través de una célula o un sector de célula sino que solamente transmitirá la señal en la dirección del haz desde la que se recibe una señal desde la estación móvil. Los sistemas SDMA también pueden permitir a la estación transceptora de base determinar la dirección desde la cual las señales desde la estación móvil se reciben.

Los sistemas SDMA pueden permitir conseguir una serie de ventajas a través de los sistemas existentes. En particular, como el haz que se transmite por la BTS puede transmitirse solamente en una dirección particular y por consiguiente puede ser relativamente estrecha, la potencia del transceptor puede concentrarse en ese haz estrecho. Se cree que esto da como resultado una mejor señal respecto a la tasa de ruido con las señales transmitidas desde la estación transceptora de base y las señales recibidas por la estación transceptora de base. Adicionalmente, como resultado de la direccionalidad de la estación transceptora de base puede conseguirse una mejora en la señal
25 respecto a la tasa de interferencias de la señal recibida por la estación transceptora de base. Además, en la dirección de transmisión la direccionalidad de la BTS permite que la energía se concentre en un haz estrecho de manera que la señal transmitida a la BTS puede alcanzar estaciones móviles lejanas con niveles de potencia inferiores a los necesarios en una BTS convencional. Esto puede permitir a las estaciones móviles funcionar satisfactoriamente a distancias mayores desde la estación transceptora de base, lo que a su vez significa que el tamaño de cada
30 célula o sector de célula de la red celular puede incrementarse. Como una consecuencia del mayor tamaño de las células el número necesario de estaciones base puede también reducirse llevando a costes de red menores. Los sistemas SDMA necesitan generalmente un número de elementos de antena para conseguir la pluralidad necesaria de diferentes direcciones de haz en las que las señales pueden transmitirse y recibirse. El proporcionar una pluralidad de elementos de antena aumenta la sensibilidad de la BTS respecto a las señales recibidas. Esto quiere decir que
35 los tamaños de célula mayores no afectan negativamente a la recepción de señales por la BTS desde las estaciones móviles.

Los sistemas SDMA pueden aumentar también la capacidad del sistema, es decir, se aumenta el número de estaciones móviles que el sistema puede soportar a la vez. Esto se debe a la naturaleza direccional de la comunicación que significa que la BTS captará menos interferencias de las estaciones móviles en otras células que usan la misma frecuencia. La BTS generará menos interferencias a otras estaciones móviles en otras células que usan la misma frecuencia cuando comunican con una MS dada en la célula asociada.

En última instancia se cree que los sistemas SDMA permitirán la misma frecuencia a utilizar simultáneamente para
45 transmitir a dos o incluso más estaciones móviles diferentes que se disponen en diferentes ubicaciones dentro de la misma célula. Esto puede llevar a un aumento significativo en la cantidad de tráfico que pueden transportar las redes celulares.

Los sistemas SDMA pueden implementarse en redes celulares analógicas y digitales y puede incorporarse en
50 los diversos sistemas estándar existentes tales como GSM, DCS 1800, TACS, AMPS y NMT. Los sistemas SDMA también pueden utilizarse junto con otras técnicas de acceso múltiple existentes tales como las técnicas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de acceso múltiple por división de código (CDMA) y de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Un problema con los sistemas SDMA es que ha de determinarse la dirección en la que las señales deberían transmitirse a una estación móvil. En determinadas circunstancias, se utilizará un haz relativamente estrecho para enviar una señal desde una estación transceptora de base a una estación móvil. Por tanto, la dirección de esa estación móvil necesita evaluarse de manera razonablemente precisa. Como se sabe, una señal desde una estación móvil seguirá generalmente varias trayectorias hacia la BTS. Estas pluralidades de trayectos se denominan por regla general trayectos múltiples (multipaths). Una señal determinada transmitida por la estación móvil puede recibirse entonces por la
60 estación transceptora de base a partir de más de una dirección debido a estos efectos de trayectos múltiples.

Un problema adicional es que la dirección en la que una señal que va a transmitirse por la BTS a la estación móvil se determina sobre la base de las señales de enlace ascendente recibidas por la BTS desde la estación móvil. Sin embargo, las frecuencias de las señales de enlace descendente transmitidas desde la estación móvil a la BTS son diferentes de las frecuencias empleadas para las señales transmitidas por la BTS a la estación móvil. La diferencia en las frecuencias empleadas en las señales de enlace ascendente y enlace descendente significa que el comportamiento del canal en la dirección de enlace ascendente puede ser diferente del comportamiento del canal en la dirección de
65

enlace descendente. Por tanto, la dirección óptima determinada para las señales de enlace ascendente no siempre será la dirección óptima para las señales de enlace descendente.

El documento WO96/37969 se refiere a un método para transmitir una señal piloto en un sistema por radio celular que comprende en cada célula al menos una estación base que comunica con las estaciones móviles situadas dentro de su área y estas estaciones base transmiten una señal piloto a las estaciones móviles, y este sistema comprende al menos una estación base que transmite a las estaciones móviles utilizando patrones de radiación que cambian en el tiempo. Para permitir un uso lo más eficiente posible de la señal piloto el sistema comprende al menos una estación base que comprende medios para transmitir una señal piloto utilizando un haz de antena variable más bien estrecho, y medios para controlar el ángulo de mayor ganancia de dicho haz de antena de tal manera que el haz de antena barre el área celular.

En el documento WO96/37969 las rutas de trayecto múltiple se consideran para ser principalmente simétricas en ambas direcciones, de enlace ascendente y de enlace descendente, y como tal este documento no supera los problemas anteriormente identificados.

Por tanto, un objetivo de determinadas realizaciones de la presente invención es hacer frente a estas dificultades.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de comunicación por radio direccional en una red de comunicación móvil entre una primera estación y una segunda estación móvil, comprendiendo dicho método las etapas siguientes:

recibir en la primera estación datos de comunicación transmitidos por dicha segunda estación, en el que los datos de comunicación pueden desplazarse a través de una o más de una pluralidad de trayectos de señal y se recibe como un conjunto de señales a partir de una o más de una pluralidad de diferentes direcciones de haz, caracterizado porque dicho método comprende además las etapas siguientes:

determinar una primera dirección de haz que corresponde a la dirección de haz a partir de la cual se recibe una primera de dichas señales por dicha primera estación que representa el más corto de dichos trayectos de señal y una segunda dirección de haz que corresponde a la dirección de haz a partir de la cual una de dichas señales que presenta la mayor intensidad de señal se recibe, y

en el que las primeras y segundas direcciones de haz son diferentes, transmitiendo datos de comunicación desde dicha primera estación a dicha segunda estación en las dos direcciones de haz primera y segunda.

Al transmitir datos de comunicación en las dos direcciones de haz primera y segunda la probabilidad de que la señal desde la primera estación alcance la segunda estación aumenta. Preferiblemente, el método comprende la etapa de definir en la primera estación una pluralidad de direcciones de haz para transmitir un haz de radiación, en el que cada una de las direcciones de haz puede seleccionarse individualmente.

En la etapa de determinación, al menos una de las primeras y segundas direcciones de haz se determina a partir de la respuesta al impulso de canal respectiva. La respuesta al impulso de canal puede determinarse para cada uno de dicho conjunto de señales. Las respuestas al impulso de canal determinadas pueden compararse entonces para determinar al menos una de dichas direcciones de haz primeras y segundas.

La respuesta al impulso de canal puede determinarse correlacionando una parte conocida de los datos de comunicación en cada una de las señales recibidas en la primera estación con una versión de referencia de esa parte conocida.

El método puede incluir la etapa de monitorizar un parámetro de distancia representativo de la distancia entre las estaciones primera y segunda, mientras que si la diferencia entre las estaciones primera y segunda es inferior a un valor predeterminado, los datos de comunicación transmitidos a la segunda estación se transmiten desde la primera estación a la segunda estación por una multiplicidad de direcciones de haz.

De manera preferida, si la distancia entre las estaciones primera y segunda es menor que el valor predeterminado, los datos de comunicación se transmiten a la segunda estación a un nivel de potencia relativamente bajo y si la distancia es mayor que el valor predeterminado, los datos de comunicación se transmiten a un nivel de potencia superior. Por tanto, con realizaciones de la presente invención, si la distancia entre la primera y segunda estación es mayor que la distancia crítica, entonces los datos de comunicación se transmitirán en las primeras y segundas direcciones de haz a una potencia relativamente alta, utilizando un número relativamente pequeño de haces. Si, por otro lado, la distancia entre las estaciones primera y segunda es inferior a la distancia predeterminada, entonces los datos de comunicación se transmiten desde la primera a la segunda estación en una multiplicidad de direcciones de haz para alcanzar una amplitud angular ancha. En estas últimas circunstancias, el nivel de potencia de los datos de comunicación transmitidos por la multiplicidad de direcciones de haz será relativamente bajo. Debería apreciarse que al utilizar una potencia baja, el riesgo de interferencia cocal se reduce.

Según un segundo aspecto de la presente invención se proporciona una primera estación para comunicación por radio direccional en una red de comunicación móvil con una segunda estación móvil, comprendiendo la primera estación:

ES 2 271 966 T3

medios de recepción para recibir datos de comunicación transmitidos por dicha segunda estación, de modo que los datos de comunicación pueden desplazarse a través de uno o más de entre una pluralidad de trayectos de señal y se reciben como un conjunto de señales desde una o más de una pluralidad de direcciones de haz diferentes, caracterizado porque dicha primera estación también comprende:

medios de determinación para determinar una primera dirección de haz que corresponde a la dirección de haz desde la que una primera de dichas señales se recibe por dicha estación que representa el más corto de dichos trayectos de señal y una segunda dirección de haz que corresponde a la dirección de haz desde la que se recibe una de dichas señales que presenta la mayor intensidad de señal;

medios de transmisión para transmitir datos de comunicación a dicha segunda estación; y

medios de control para controlar la dirección en la que se transmiten los datos de comunicación, en los que dichas direcciones de haz primeras y segundas son diferentes, los medios de transmisión se controlan por los medios de control para transmitir los datos de comunicación en las primeras y segundas direcciones de haz.

Los medios de transmisión se disponen de manera preferida para proporcionar una pluralidad de direcciones de haz para transmitir un haz de radiación, en la que cada una de las direcciones de haz puede seleccionarse individualmente.

Los medios de transmisión pueden comprender una red de antenas que se dispone para proporcionar una pluralidad de haces en una pluralidad de direcciones diferentes. La red de antenas puede ser una red en fase o alternativamente puede ser una red de elementos de antena direccionales individuales. La misma red de antenas también puede usarse para recibir señales. Sin embargo, se aprecia que los medios de recepción pueden comprender una red de antenas independiente.

Debería apreciarse que las realizaciones de la presente invención son particularmente aplicables a redes de comunicación celular en las que la primera estación es una estación base. Sin embargo, debería apreciarse que las realizaciones de la presente invención presentan aplicación en otros sistemas de comunicación por radio direccionales.

Para una mejor comprensión de la presente invención y sobre cómo puede ponerse en práctica, a continuación se hará referencia a los dibujos adjuntos, a título de ejemplo, en los que:

la figura 1 muestra una vista esquemática de una estación (BTS) transceptora de base y sus sectores de célula asociados;

la figura 2 muestra una representación simplificada de una red de antenas de la estación transceptora de base;

la figura 3 muestra el patrón de haz proporcionado por la red de antenas de la figura 2,

la figura 4 muestra una vista esquemática del procesador de señal digital de la figura 2; y

la figura 5 ilustra la respuesta al impulso de canal para cuatro canales, de los ocho canales.

En primer lugar se hace referencia a la figura 1 en la que se muestran tres sectores 2 de célula que definen una célula de una red de telefonía móvil celular. Los tres sectores 2 de célula están atendidos por estaciones 4 transceptoras de base (BTS) respectivas. Se proporcionan tres estaciones transceptoras de base independientes en la misma ubicación. Cada BTS 4 presenta un transceptor independiente que transmite y recibe señales a y desde uno respectivo de los tres sectores 2 de célula. Por tanto, se proporciona una estación transceptora de base dedicada para cada sector 2 de célula. Cada BTS 4 es por tanto capaz de comunicarse con estaciones móviles (MS) tales como teléfonos móviles situados en sectores 2 de célula respectivos.

La presente realización se describe en el contexto de una red GSM (sistema global para comunicaciones móviles). En el sistema GSM, se usa un sistema de acceso múltiple por división de tiempo/frecuencia F/TDMA. Los datos se transmiten entre la BTS 4 y la MS en ráfagas. Las ráfagas de datos incluyen una secuencia de entrenamiento que es una secuencia de datos conocida. El fin de la secuencia de entrenamiento se describirá más adelante. Cada ráfaga de datos se transmite en una banda de frecuencia dada en una ranura de tiempo predeterminada en esa banda de frecuencia. El uso de la red de antenas direccional permite alcanzar también el acceso múltiple por división de espacio. Por tanto, en realizaciones de la presente invención, cada ráfaga de datos se transmitirá en una banda de frecuencia dada, en una ranura de tiempo dada, y en una dirección dada. Un canal asociado puede definirse para una ráfaga de datos dada transmitida en la frecuencia dada, en la ranura de tiempo dada y en la dirección dada. Tal como se discutirá más detalladamente más adelante, en algunas realizaciones de la presente invención se transmite la misma ráfaga de datos en la misma banda de frecuencia, en la misma ranura de tiempo pero en dos direcciones diferentes.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una red 6 de antenas de una BTS 4 que actúa como un transceptor. Debería apreciarse que la red 6 mostrada en la figura 2 solamente sirve a uno de los tres sectores 2 de célula mostrados en la figura 1. Otras dos redes 6 de antenas se proporcionan para servir a los otros dos sectores 2 de célula. La red 6 de antenas presenta ocho elementos de antena $a_1 \dots a_8$. Los elementos $a_1 \dots a_8$ se disponen para presentar una longitud de media onda entre cada elemento de antena $a_1 \dots a_8$ y se disponen en una fila horizontal en una línea recta. Cada elemento

de antena $a_1...a_8$ se dispone para transmitir y recibir señales y puede presentar cualquier construcción adecuada. Cada elemento de antena $a_1...a_8$ puede ser una antena bipolar, una antena de parche o cualquier otra antena adecuada. Los ocho elementos de antena $a_1...a_8$ juntos definen una red 6 de antenas en fase.

5 Como se sabe, cada elemento de antena $a_1...a_8$ de la red 6 de antenas en fase se suministra con la misma señal que va a transmitirse a la estación móvil MS. Sin embargo, las fases de las señales suministradas a los elementos de antena $a_1...a_8$ respectivos están desplazadas unas con respecto a otras. Las diferencias en la relación de fase entre las señales suministradas a los elementos de antena $a_1...a_8$ respectivos da lugar a un patrón de radiación direccional. Por tanto, una señal desde la estación BTS 4 solamente puede transmitirse en determinadas direcciones en el sector
10 2 de célula asociado con la red 6. El patrón de radiación direccional conseguido por la red 6 es una consecuencia de interferencias constructivas y destructivas que se originan entre las señales que están desfasadas entre sí y se transmiten por cada elemento de antena $a_1...a_8$. A este respecto, se hace referencia a la figura 3 que muestra el patrón de radiación direccional que se consigue con la red 6 de antenas. La red 6 de antenas puede controlarse para proporcionar un haz $b_1...b_8$ en cualquiera de las ocho direcciones ilustradas en la figura 3. Por ejemplo, la red 6 de antenas podría controlarse
15 para transmitir una señal a una MS solamente en la dirección del haz b_5 o solamente en la dirección del haz b_6 . Tal como se discutirá con más detalle a continuación en la presente memoria, también es posible controlar la red 6 de antenas para transmitir una señal en más de una dirección de haz al mismo tiempo. Por ejemplo, una señal puede transmitirse en las dos direcciones definidas por el haz b_5 y el haz b_6 . La figura 3 es solamente una representación esquemática de las ocho posibles direcciones de haz que pueden conseguirse con la red 6 de antenas. En la práctica,
20 sin embargo, de hecho será un solapamiento entre haces adyacentes para garantizar que todos los sectores 2 de célula están atendidos por la red 6 de antenas.

La fase relativa de la señal prevista en cada elemento de antena $a_1...a_8$ se controla por un sistema 8 de circuitos de matriz de Butler de manera que una señal puede transmitirse en la dirección o direcciones de haz deseada(s). El
25 sistema 8 de circuitos de matriz de Butler proporciona por tanto una función de desplazamiento de fase. El sistema 8 de circuitos de matriz de Butler presenta ocho entradas 10a-h desde la BTS 4 y ocho salidas, una a cada elemento de antena $a_1...a_8$. Las señales recibidas por las respectivas entradas 10a-h comprenden las ráfagas de datos a transmitir. Cada una de las ocho entradas 10a-h representa la dirección del haz en la que una ráfaga de datos dada podría transmitirse. Por ejemplo, cuando el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler recibe una señal en la primera entrada 10a,
30 el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler aplica la señal prevista en la entrada 10a a cada uno de los elementos de antena $a_1...a_8$ con las diferencias de fase necesarias para provocar que el haz b_1 se genere de manera que la ráfaga de datos se transmita en la dirección del haz b_1 . De manera similar, una señal prevista en la entrada 10b hace que se genere un haz en la dirección del haz b_2 y así sucesivamente.

35 Tal como se ha discutido ya, los elementos de antena $a_1...a_8$ de la red 6 de antena reciben señales desde una MS y también transmiten señales a una MS. Una señal transmitida por una MS se recibirá generalmente por cada uno de los elementos de antena $a_1...a_8$. Sin embargo, habrá una diferencia de fase entre cada una de las señales recibidas por los elementos de antena $a_1...a_8$ respectivos. El sistema 8 de circuitos de matriz de Butler es por tanto capaz de determinar a partir de las fases relativas de las señales recibidas por los elementos de antena $a_1...a_8$ respectivos la
40 dirección de haz desde la que se ha recibido la señal. El sistema 8 de circuitos de matriz de Butler presenta por tanto ocho entradas, una desde cada uno de los elementos de antena $a_1...a_8$ para la señal recibida por cada elemento de antena. El sistema 8 de circuitos de matriz de Butler también presenta ocho salidas 14a-h. Cada una de las salidas 14a a 14h corresponde a una dirección de haz particular desde la que podría recibirse una ráfaga de datos dada. Por ejemplo, si la red 6 de antenas recibe una señal desde una MS desde la dirección de haz b_1 , entonces el sistema 8
45 de circuitos de matriz de Butler emitirá la señal recibida en la salida 14a. Una señal recibida desde la dirección de haz b_2 hará que la señal recibida se emita desde el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler en la salida 14b y así sucesivamente. En resumen, el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler recibirá en los elementos de antena $a_1...a_8$ ocho versiones de la misma señal que están desfasadas unas respecto a otras. A partir de los desplazamientos de fase relativos, el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler determina la dirección desde la cual la señal recibida se
50 ha recibido y emite una señal en una salida 14a-h dada en función de la dirección desde la que se ha recibido la señal.

Debería apreciarse que en algunos entornos, puede parecer que una señal individual o ráfaga de datos desde una MS venga desde más de una dirección de haz debido a la reflexión de la señal mientras se desplaza entre la MS y la
55 BTS 4, siempre que las reflexiones presenten una amplitud de ángulo relativamente ancha. El sistema 8 de circuitos de matriz de Butler proporcionará una señal en cada salida 14a-h correspondiente a cada una de las direcciones de haz desde las que parece venir una señal o ráfaga de datos dada. Por tanto, puede proporcionarse la misma ráfaga de datos en más de una salida 14a-h del sistema 8 de circuitos de matriz de Butler. Sin embargo, la señal en las respectivas salidas 14a-h presentará un retardo en el tiempo unas respecto a otras.

60 Cada salida 14a-h del sistema 8 de circuitos de matriz de Butler está conectada a la entrada de un amplificador 16 respectivo que amplifica la señal recibida. Un amplificador 16 está previsto para cada salida 14a-h del sistema 8 de circuitos de matriz de Butler. La señal amplificada se procesa entonces por un procesador 18 respectivo que manipula la señal amplificada para reducir la frecuencia de la señal recibida a la frecuencia de banda base de manera que la
65 señal puede procesarse por la BTS 4. Para conseguir esto, el procesador 18 elimina la componente de frecuencia de la portadora desde la señal de entrada. De nuevo está previsto un procesador 18 para cada salida 14a-h del sistema 8 de circuitos de matriz de Butler. La señal recibida, que es de forma análoga, se convierte entonces en una señal digital por un conversor analógico-digital (A/D). Están previstos ocho conversores A/D 20, uno para cada salida 14a-h del

sistema 8 de circuitos de matriz de Butler. La señal digital se introduce entonces a un procesador de señal digital 21 a través de una entrada 19a-h respectiva para el procesamiento posterior.

El procesador de señal digital 21 presenta también ocho salidas 22a-h, cada una de las cuales emite una señal digital que representa la señal que ha de transmitirse a una MS dada. La salida 22a-h seleccionada representa la dirección de haz en la que la señal va a transmitirse. La señal digital se convierte en una señal analógica por un conversor digital-analógico 23 (D/A). Está previsto un conversor digital-analógico 23 para cada salida 22a-h del procesador de señal digital 21. La señal analógica se procesa entonces por un procesador 24 que es un modulador que modula en la frecuencia de la portadora la señal analógica a transmitir. Antes de que el procesador 24 procese la señal, la señal está en la frecuencia de banda base. La señal resultante se amplifica entonces por un amplificador 26 y pasa a la entrada 10a-h del sistema 8 de circuitos de matriz de Butler. Un procesador 24 y un amplificador 26 están previstos para cada salida 22a-h del procesador de señal digital 21.

Ahora se hará referencia a la figura 4 que ilustra esquemáticamente el procesador de señal digital 21. Debería apreciarse que los diversos bloques ilustrados en la figura 4 no necesariamente corresponden a elementos independientes de un procesador de señal digital 21 real que encarna la presente invención. En particular, los diversos bloques ilustrados en la figura 4 corresponden a varias funciones realizadas por el procesador de señal digital 21. En una realización de la presente invención, el procesador de señal digital 21 se implementa al menos parcialmente en el sistema de circuitos integrados y pueden realizarse varias funciones por el mismo elemento.

Cada señal recibida por el procesador de señal digital 21 en las respectivas entradas 19a-h se introduce a un bloque de estimación de respuesta al impulso de canal respectivo (CIR) 30. El bloque de estimación CIR 30 incluye una capacidad de memoria en la que la señal recibida se almacena temporalmente y también una capacidad de memoria para almacenar la respuesta al impulso de canal estimada. El bloque de estimación de respuesta al impulso de canal 30 se dispone para calcular la respuesta al impulso del canal de la entrada 19a-h respectiva. Tal como ya se ha expuesto puede definirse un canal asociado para una ráfaga de datos dada transmitida en la banda de frecuencia seleccionada, la ranura de tiempo asignada y la dirección de haz desde la que se recibe la señal. La dirección de haz desde la que se recibe una señal se establece por el sistema 8 de circuitos de matriz de Butler de manera que una señal recibida en una entrada 19a del procesador de señal digital representa principalmente la señal que se ha recibido desde la dirección de haz b_1 y así sucesivamente. Debería apreciarse que la señal recibida en una entrada dada puede incluir también los lóbulos laterales de la señal recibida en, por ejemplo, entradas adyacentes.

Cada ráfaga de datos que se transmite desde una estación móvil MS a la BTS 4 incluye una secuencia de entrenamiento TS. Sin embargo, la secuencia de entrenamiento TS_{RX} que se recibe por la estación BTS4 se ve afectada debido al ruido y también debido a los efectos de trayecto múltiple que llevan a interferencias entre bits adyacentes de la secuencia de entrenamiento. Esta última interferencia se conoce como interferencia intersímbolo. TS_{RX} también se ve afectada por interferencias desde otras estaciones móviles, por ejemplo estaciones móviles situadas en otras células o sectores de célula que usan la misma frecuencia que puede originar interferencias cocanales. Tal como se apreciará, una señal dada desde la MS puede seguir más de un trayecto para alcanzar la BTS y puede detectarse más de una versión de la señal dada por la red 6 de antenas a partir de una dirección dada. La secuencia de entrenamiento TS_{RX} que se recibe desde la entrada 19a está inter-correlacionada por el bloque de estimación CIR 30 con una secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} almacenada en un almacenamiento 32 de datos. La secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} es la misma que la secuencia de entrenamiento que se transmite inicialmente por la estación móvil. En la práctica, la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} es una señal modulada en una frecuencia de la portadora mientras que la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} se almacena como secuencia de bits en el almacenamiento 32 de datos. Por consiguiente, antes de que se realice la correlación cruzada, la secuencia de entrenamiento de referencia almacenada se modula de manera similar. En otras palabras, la secuencia de entrenamiento distorsionada recibida por la BTS 4 está correlacionada con la versión no distorsionada de la secuencia de entrenamiento. En una realización alternativa de la invención la secuencia de entrenamiento de referencia se demodula antes de su correlación con la secuencia de entrenamiento de referencia. En este caso la secuencia de entrenamiento de referencia presentaría la misma forma que la secuencia de entrenamiento recibida. En otras palabras, la secuencia de entrenamiento de referencia no se modula.

La secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} y la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} son cada una de longitud L correspondiente a L bits de datos y puede ser por ejemplo de 26 bits. La ubicación exacta de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} dentro de la ranura de tiempo asignada puede estar poco definida. Esto es porque la distancia de la estación móvil MS desde la BTS 4 influirá en posición de la ráfaga de datos enviada por la MS dentro de la ranura de tiempo asignada. Por ejemplo, si una estación móvil MS está relativamente lejos de la BTS 4, la secuencia de entrenamiento puede ocurrir más tarde en la ranura de tiempo asignada comparado con la situación en la que la estación móvil MS está cerca de la BTS 4.

Para considerar la imprecisión de la posición de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} dentro de la ranura de tiempo asignada, la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} está correlacionada con la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} n veces. Normalmente n puede ser 7 ó 9. Se prefiere que n sea un número impar. Las n correlaciones estarán normalmente en cada lado de la correlación máxima obtenida. La posición relativa de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} con respecto a la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} está desplazada por una posición entre cada correlación sucesiva. Cada posición es equivalente a un bit en la secuencia de entrenamiento y representa un segmento de retardo. Cada correlación individual de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} con

la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} da lugar a una bifurcación que es representativa de la respuesta al impulso de canal para esa correlación. Las n correlaciones independientes dan lugar a una secuencia de bifurcación que presenta n valores.

Ahora se hace referencia a la figura 5 que muestra la respuesta al impulso de canal para cuatro de los ocho posibles canales que corresponden a las ocho direcciones espaciales. En otras palabras, la figura 5 muestra la respuesta al impulso de canal para cuatro canales que corresponden a una ráfaga de datos dada recibida en cuatro de las ocho direcciones de haz desde la estación móvil, estando la ráfaga de datos en una banda de frecuencia dada y en una ranura de tiempo dada. El eje x de cada uno de los gráficos es una medida del retardo de tiempo mientras que el eje y es una medida de potencia relativa. Cada una de las líneas (o bifurcaciones) marcadas en el gráfico representa la señal de trayecto múltiple recibida que corresponde a un retardo de correlación dada. Cada gráfico presentará n líneas o bifurcaciones, correspondiendo una bifurcación con cada correlación.

A partir de la respuesta al impulso de canal estimada, es posible determinar la ubicación de la secuencia de entrenamiento dentro de la ranura de tiempo asignada. Los valores de bifurcación mayores se obtendrán cuando se consiga la mejor correlación entre la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} y la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} .

El bloque de estimación CIR 30 también determina para cada canal las cinco bifurcaciones consecutivas (o cualquier otro número apropiado) que dan la energía máxima. La energía máxima para un canal dado se calcula como sigue:

$$E = \sum_{j=1}^5 (h_j)^2 \quad (I)$$

en el que h representa la amplitud de bifurcación que resulta de una correlación cruzada de la secuencia de entrenamiento de referencia TS_{REF} con la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} . El bloque de estimación CIR 30 estima la energía máxima para un canal determinado usando una técnica de ventana deslizante (sliding window). En otras palabras, el bloque de estimación CIR 30 considera cada conjunto de cinco valores adyacentes y calcula la energía a partir de esos cinco valores. Los cinco valores adyacentes que dan la energía máxima se seleccionan como representativos de la respuesta al impulso de ese canal.

La energía puede considerarse como una medida de la intensidad de la señal deseada a partir de una MS dada recibida por la BTS 4 desde una dirección dada. Este proceso se realiza para cada uno de los ocho canales que representan las ocho direcciones diferentes desde las cuales podría recibirse la misma ráfaga de datos. La señal que se recibe con la máxima energía ha seguido un trayecto que proporciona la atenuación mínima de esta señal.

Está previsto un bloque de análisis 34 que almacena la energía máxima calculada por el bloque de estimación CIR 30 para el canal respectivo para los cinco valores adyacentes seleccionados por el bloque de estimación CIR como representativos de la respuesta al impulso de canal. El bloque de análisis 34 puede analizar también las respuestas al impulso de canal determinadas por el bloque de estimación CIR 30 para establecer el retardo mínimo. El retardo es una medida de la posición de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} en la ranura de tiempo asignada y por tanto es una medida relativa de la distancia recorrida por una señal entre la estación móvil y la BTS 4. El canal con el retardo mínimo presenta la señal que ha recorrido la distancia más corta. Esta distancia más corta puede en determinados casos representar la línea de visión de trayecto entre la estación móvil MS y la BTS 4.

El bloque de análisis 34 se dispone para determinar la posición del comienzo de la ventana que determina los cinco valores que proporcionan la energía máxima. El retardo de tiempo se determina entonces sobre la base del tiempo entre un punto de referencia y el comienzo de la ventana. Ese punto de referencia puede ser el tiempo en el que las secuencias de entrenamiento en cada derivación comienzan a correlacionarse, el tiempo que corresponde al borde de ventana más temprano de todas las derivaciones o un punto común similar. Para comparar de manera más precisa los diversos retardos de los diferentes canales, se adopta una escala de sincronización común que se basa en la señal de sincronización proporcionada por la BTS 4 para controlar el modo de operación TDMA. En otras palabras, la posición de la secuencia de entrenamiento recibida TS_{RX} en la ranura de tiempo asignada es una medida del retardo de tiempo. Debería apreciarse que en los sistemas GSM conocidos, el retardo para un canal dado se calcula para proporcionar una información anticipada de sincronización. La información anticipada de sincronización se usa para asegurar que una señal transmitida por la estación móvil a la BTS entra dentro de su ranura de tiempo asignada. La información anticipada de sincronización puede determinarse sobre la base del retardo relativo calculado y la información anticipada de sincronización actual. Si la estación móvil MS está lejos de la estación base, entonces la BTS ordenará a la MS enviar su ráfaga de datos antes si la estación móvil MS está cerca de la BTS.

Los resultados del análisis realizado por cada uno de los bloques de análisis 34 se introducen en un bloque de comparación 36. El bloque de comparación 36 compara la energía máxima determinada para cada canal y compara también el retardo determinado para cada canal. El bloque de comparación 36 establece qué canal presenta la energía máxima para una ráfaga de datos dada en una banda de frecuencia en una ranura de tiempo dada. Esto significa que puede establecerse la dirección de haz desde la que se recibe la versión más potente de una ráfaga de datos dada. El

ES 2 271 966 T3

bloque de comparación 36 también establece qué canal presenta un retardo mínimo. En otras palabras, también puede establecerse el canal que presenta la ráfaga de datos que ha seguido el trayecto más corto.

El bloque de comparación 36 prueba a ver entonces si el canal que presenta la energía máxima es el mismo que el canal que presenta el retardo mínimo. Si estos canales son los mismos, el bloque de comparación 36 emite una señal al bloque de generación 38 que indica que la siguiente señal a la estación móvil MB en cuestión debería transmitirse en la única dirección de haz desde la cual se ha recibido la señal que presenta la mayor intensidad y el trayecto más corto.

Sin embargo, si el canal que presenta la señal más intensa no es el mismo que el canal que alcanza primero la BTS 4, el bloque de comparación 36 emite una señal al bloque de generación 38 que indica que la siguiente señal a transmitir a la estación móvil MS, desde la que se ha recibido la ráfaga de datos, debería transmitirse en dos direcciones de haz. Una dirección corresponderá a la dirección de haz desde la que se recibe la señal más intensa y la otra dirección corresponderá a la dirección de haz desde la que se recibe la ráfaga de datos en primer lugar. Por ejemplo, si el bloque de comparación 36 establece que la señal más intensa se ha introducido en el procesador de señal digital 21 en la entrada 19b mientras que la señal que alcanza en primer lugar la BTS 4 se ha introducido en el procesador de señal digital 21 a través de la entrada 19d, la señal desde la BTS a la estación móvil se transmitiría en las direcciones de haces b_2 y b_4 . En esas circunstancias, la señal que va a transmitirse se emitiría en salidas 22b y 22d del procesador de señal digital 21.

La realización anteriormente descrita es particularmente adecuada para aquellas situaciones en las que la estación móvil está situada relativamente lejos de la BTS, que es mayor que la distancia crítica. Este radio crítico depende del entorno de cada célula individual y puede ser normalmente aproximadamente de 0,5 a 1 km. Cuando la distancia entre la BTS y la MS es mayor que la distancia crítica, el volumen de energía recibido desde la MS se distribuye entre relativamente pocas direcciones de haz. En particular, la energía se concentrará principalmente en uno o dos haces, o posiblemente tres direcciones de haz. Sin embargo, cuando la distancia entre la estación móvil y la BTS es menor que la distancia crítica, parecerá que la energía recibida deseada en general se distribuye entre un número de haces mucho mayor. Por consiguiente, en realizaciones de la presente invención, la selección de haces basada en la intensidad máxima de señal y el retardo mínimo puede usarse solamente en aquellas situaciones en las que la distancia entre la MS y la BTS 4 es mayor que la distancia crítica. Cuando la distancia entre la MS y la BTS es menor que la distancia crítica, la BTS 4 transmitirá señales a la MS por un número relativamente grande de direcciones de haz, por ejemplo de 4 o más. El nivel de potencia utilizado en la transmisión por una amplitud de ángulo relativamente ancha será generalmente inferior que la potencia utilizada en la o cada dirección de haz cuando la distancia entre la MS y la BTS 4 es mayor que la distancia crítica.

Puede utilizarse cualquier método adecuado para determinar si la distancia entre la MS y la BTS es mayor que la distancia crítica. En una realización, el bloque de comparación 36 compara la respuesta al impulso de canal obtenida para cada una de las direcciones posibles. Si la mayor parte de la energía recibida se distribuye en tres o menos direcciones de haz, entonces se supone que la distancia entre la BTS y la MS es mayor que la distancia crítica. Alternativamente, si la mayor parte de la energía recibida se recibe desde cuatro o más direcciones de haz, entonces se supone que la distancia entre la MS y la BTS es menor que la distancia crítica. También es posible para el bloque de comparación 36 usar la información anticipada de sincronización para determinar si la distancia entre la MS y la BTS 4 es mayor o menor que la distancia crítica. Este método se prefiere en algunas realizaciones de esta invención porque ofrece resultados más precisos que el método descrito anteriormente.

El bloque de generación 38 es responsable de generar las señales que van a emitirse desde el procesador de señal digital 21. El bloque de generación 38 presenta una entrada 40 representativa de la voz y/o información a transmitir a la estación móvil MS. El bloque de generación 38 es responsable de codificar la voz o información a enviar a la estación móvil MS e incluye una secuencia de entrenamiento y una secuencia de sincronización dentro de las señales. El bloque 38 también es responsable de producir las señales de modulación. Sobre la base de la señal generada y la dirección de haz determinada, el bloque de generación 38 proporciona señales en las salidas 22a-h respectivas del procesador de señal digital 21. El bloque de generación 38 proporciona también una salida 50 que se emplea para controlar la amplificación proporcionada por los amplificadores 24 para garantizar que las señales en las diversas direcciones de haz presentan los niveles de potencia requeridos.

La salida del bloque de estimación de respuesta al impulso de canal 30 también se emplea para igualar y adaptar las señales recibidas de la estación móvil MS. En particular, los efectos de la interferencia de intersímbolo resultantes de la propagación de trayecto múltiple pueden eliminarse o aliviarse desde la señal recibida por el filtro adaptado (MF, matched filter) y el bloque igualador 42. Debería apreciarse que el filtro adaptado (MF) y el bloque igualador 42 presentan una entrada (no mostrada) para recibir la señal recibida de la MS. La salida de cada bloque 42 se recibe por el bloque de recuperación 44 que es responsable de recuperar la voz y /o información enviada por la MS. Las etapas realizadas por el bloque de recuperación incluyen la demodulación y la decodificación de la señal. La voz o la información recuperadas se emiten en la salida 48.

Debería apreciarse que mientras que la realización anteriormente descrita se ha implementado en una red de comunicación celular GSM es posible que la presente invención pueda emplearse con otras redes de comunicación celular digitales así como redes celulares analógicas. La realización anteriormente descrita usa una red en fase que presenta ocho elementos. Naturalmente es posible que la red presente un número de elementos cualquiera. Alternativamente,

ES 2 271 966 T3

la red en fase podría reemplazarse por antenas direccionales discretas, cada una de las cuales irradia un haz en una dirección dada. El sistema de circuitos de matriz de Butler puede sustituirse por cualquier otro sistema de circuitos de desplazamiento de fase adecuado, en el que se necesita este tipo de sistema de circuitos. El sistema de circuitos de matriz de Butler es una matriz de haz análoga. Naturalmente es posible usar una matriz de haz digital DBF o cualquier tipo de matriz de haz adecuado. La red puede controlarse para producir más de ocho haces, incluso si solamente están previstos ocho elementos, en función de las señales suministradas a esos elementos.

También es posible proporcionar una pluralidad de redes en fase. Las redes en fase pueden proporcionar un número diferente de haces. Cuando se necesita una amplitud de ángulo ancha, se usa la red que presenta el menor número de elementos y cuando se necesita un haz relativamente estrecho, se usa la red que presenta el mayor número de elementos.

Tal como se apreciará, la realización anterior se ha descrito proporcionando ocho salidas del sistema de circuitos de matriz de Butler. Debería apreciarse que en la práctica se emitirá un número de canales diferentes en cada salida de la matriz Butler al mismo tiempo. Aquellos canales pueden ser bandas de frecuencia diferentes. Los canales para diferentes ranuras de tiempo estarán también previstos en las salidas respectivas. Mientras que se han mostrado amplificadores, procesadores, conversores analógico-digital y conversores digital-analógico individuales, en la práctica éstos pueden estar previstos por un único elemento que presente una pluralidad de entradas y salidas.

Debería apreciarse que las realizaciones de la presente invención presentan aplicaciones diferentes a las de en redes de comunicación celular. Por ejemplo, las realizaciones de la presente invención pueden utilizarse en cualquier entorno que requiera una comunicación por radio direccional. Por ejemplo, esta técnica puede utilizarse en PMR (redes de radio privadas) o similares.

REIVINDICACIONES

1. Método de comunicación por radio direccional en una red de comunicación móvil entre una primera estación (4) y una segunda estación móvil (MS), comprendiendo dicho método las etapas siguientes:

recibir en la primera estación (4) datos de comunicación transmitidos por dicha segunda estación (MS), en el que los datos de comunicación pueden desplazarse a través de uno o más de entre una pluralidad de trayectos de señal y se recibe como un conjunto de señales a partir de una o más de entre una pluralidad de diferentes direcciones de haz, **caracterizado** porque dicho método comprende además las etapas siguientes:

determinar una primera dirección de haz que corresponde a la dirección de haz a partir de la cual se recibe una primera de dichas señales por dicha primera estación que representa el más corto de dichos trayectos de señal y una segunda dirección de haz que corresponde a la dirección de haz a partir de la cual se recibe una de dichas señales que presenta la mayor intensidad de señal, y

en el que las primeras y segundas direcciones de haz son diferentes, transmitiendo datos de comunicación desde dicha primera estación a dicha segunda estación en las dos direcciones de haz primera y segunda.

2. Método según la reivindicación 1, que comprende la etapa de definir en la primera estación (4) una pluralidad de direcciones de haz para transmitir un haz de radiación, en el que cada una de dichas direcciones de haz puede seleccionarse individualmente.

3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que en dicha etapa de determinación, se determina al menos una de dichas primeras y segundas direcciones de haz a partir de la respuesta al impulso de canal respectiva.

4. Método según la reivindicación 3, en el que la respuesta al impulso de canal se determina para cada uno de dicho conjunto de señales, comparándose las respuestas al impulso de canal determinadas para determinar al menos una de dichas direcciones de haz primeras y segundas.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye la etapa de monitorizar un parámetro de distancia representativo de la distancia entre las estaciones primera y segunda, en el que si la distancia entre dichas estaciones primera y segunda es inferior a un valor predeterminado, los datos de comunicación transmitidos a dicha segunda estación se transmiten desde dicha primera estación a dicha segunda estación en una multiplicidad de direcciones de haz.

6. Método según la reivindicación 5, en el que si la distancia entre dichas estaciones primera y segunda es menor que dicho valor predeterminado, los datos de comunicación se transmiten a dicha segunda estación a un nivel de potencia relativamente bajo y si la distancia es mayor que dicho valor predeterminado, los datos de comunicación se transmiten a nivel de potencia superior.

7. Método según la reivindicación 1, en el que dicha primera dirección de haz se determina para corresponder a la dirección de haz desde la cual uno de dicho conjunto de señales se recibe en primer lugar por dicha primera estación.

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha red de comunicación es una red celular y dicha primera estación (4) es una estación transceptora de base.

9. Primera estación (4) para comunicación por radio direccional en una red de comunicación móvil con una segunda estación móvil (MS), comprendiendo dicha primera estación (4):

medios de recepción (6) para recibir datos de comunicación transmitidos por dicha segunda estación, en los que los datos de comunicación pueden desplazarse a través de uno o más de entre una pluralidad de trayectos de señal y se reciben como un conjunto de señales desde una o más de una pluralidad de direcciones de haz diferentes, **caracterizado** porque dicha primera estación comprende además:

medios de determinación (8) para determinar una primera dirección de haz que corresponde a la dirección de haz desde la que una primera de dichas señales se recibe por dicha estación que representa el más corto de dichos trayectos de señal y una segunda dirección de haz que corresponde a la dirección de haz desde la que se recibe una de dichas señales que tiene la mayor intensidad de señal;

medios de transmisión (6) para transmitir datos de comunicación a dicha segunda estación; y

medios de control (8) para controlar la dirección en la que se transmiten los datos de comunicación, en los que dichas direcciones de haz primeras y segundas son diferentes, los medios de transmisión se controlan por los medios de control para transmitir los datos de comunicación en las primeras y segundas direcciones de haz.

ES 2 271 966 T3

10. Primera estación (4) según la reivindicación 9, en la que dichos medios de transmisión (6) están dispuestos para proporcionar una pluralidad de direcciones de haz para transmitir un haz de radiación, en la que cada una de dichas direcciones de haz puede seleccionarse individualmente.

- 5 11. Primera estación (4) según la reivindicación 9 ó 10, en la que dichos medios de transmisión (6) comprenden una red de antenas que se dispone para proporcionar una pluralidad de haces en una pluralidad de direcciones diferentes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

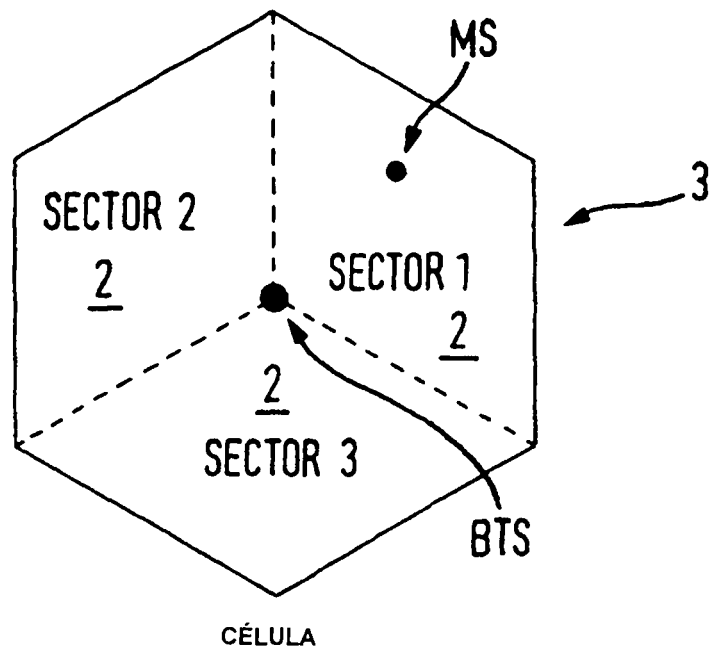


FIG. 1

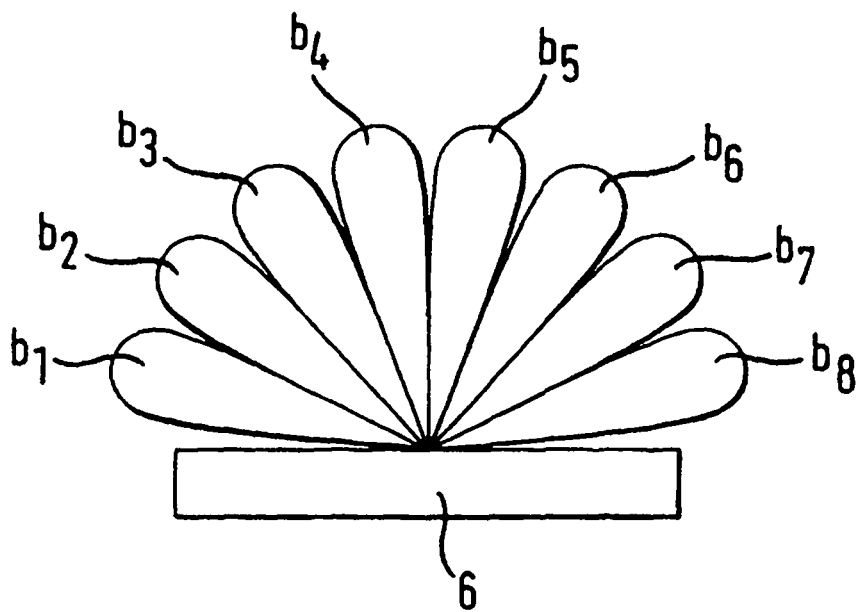


FIG. 3

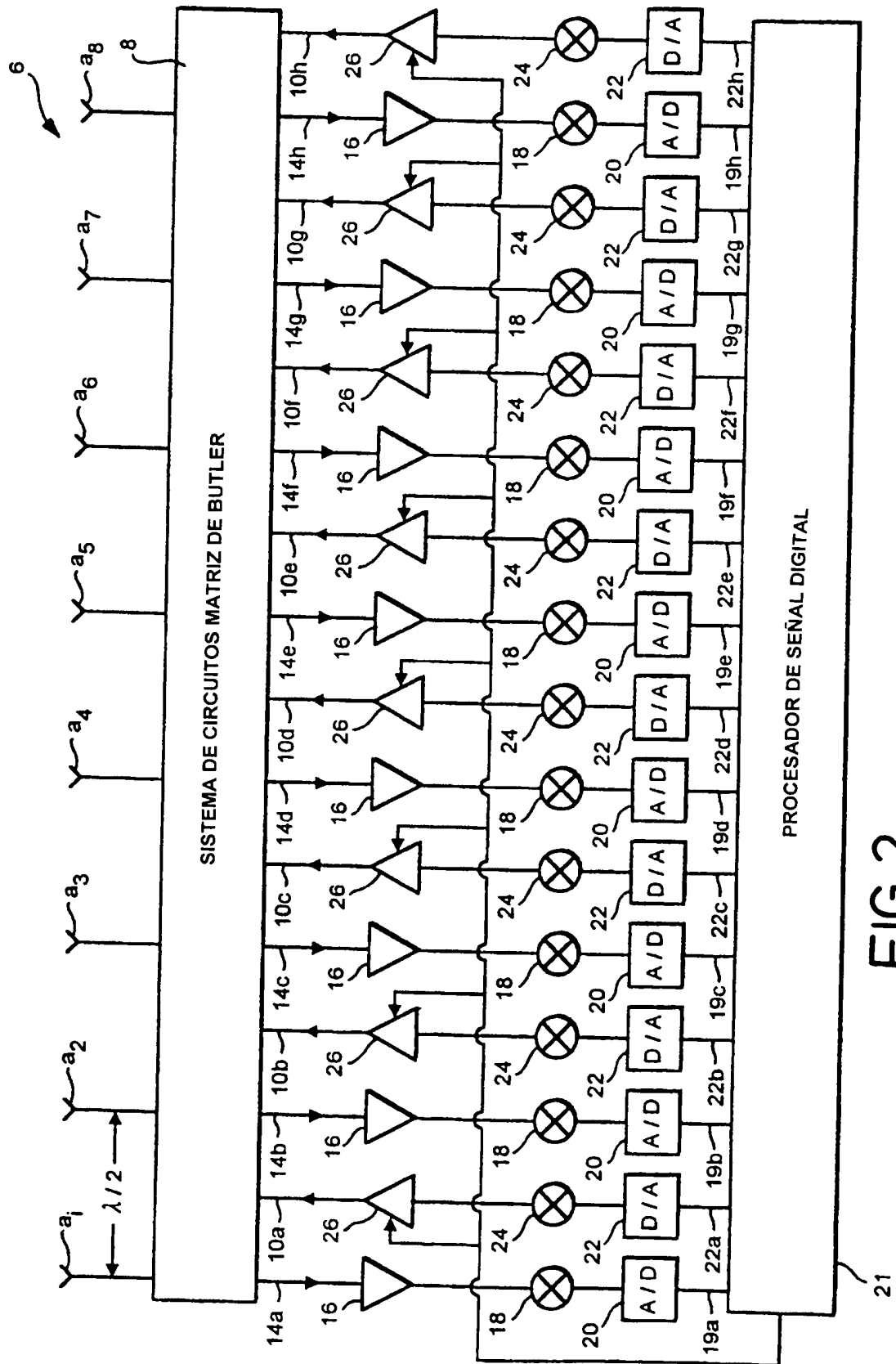
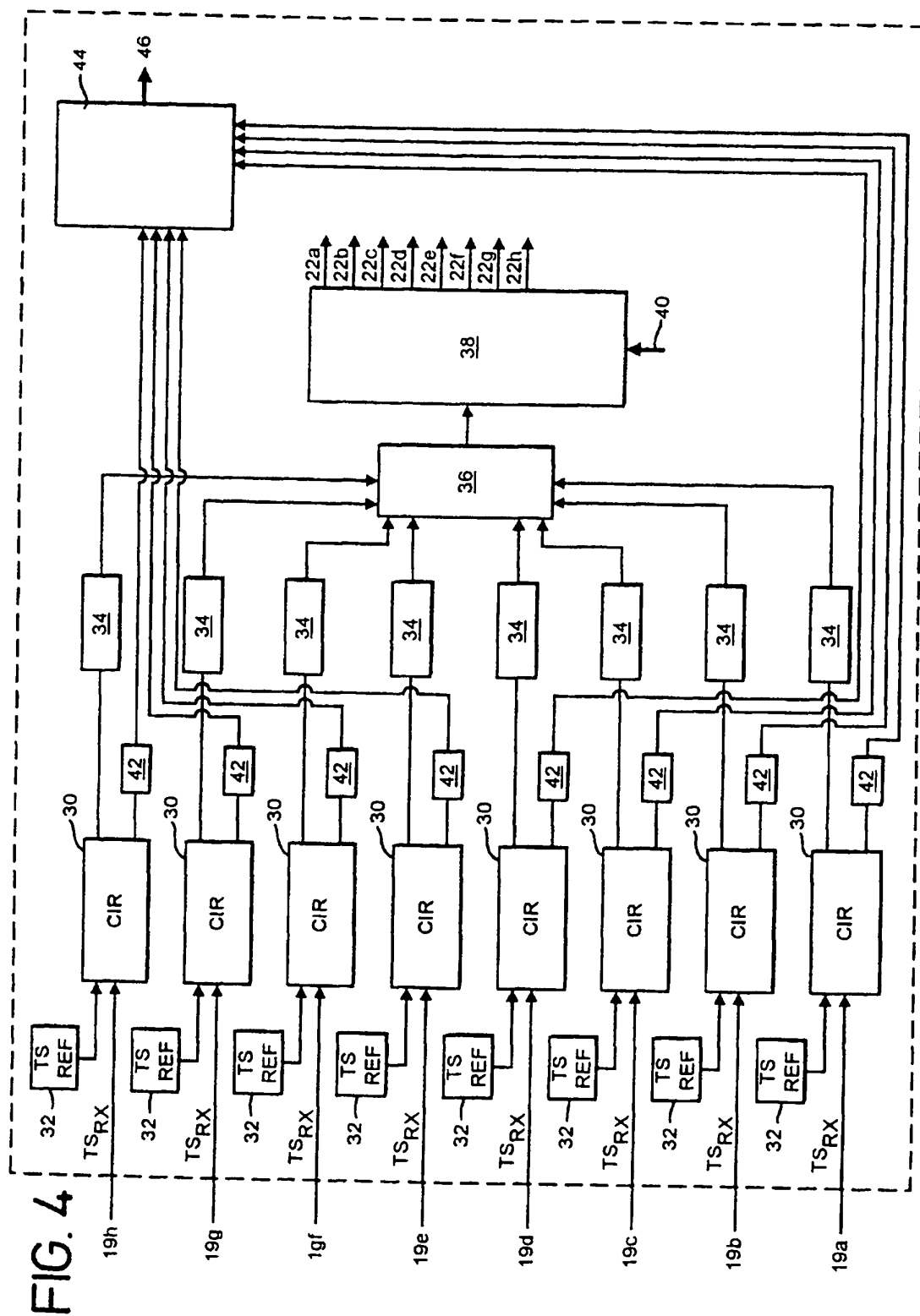


FIG. 2



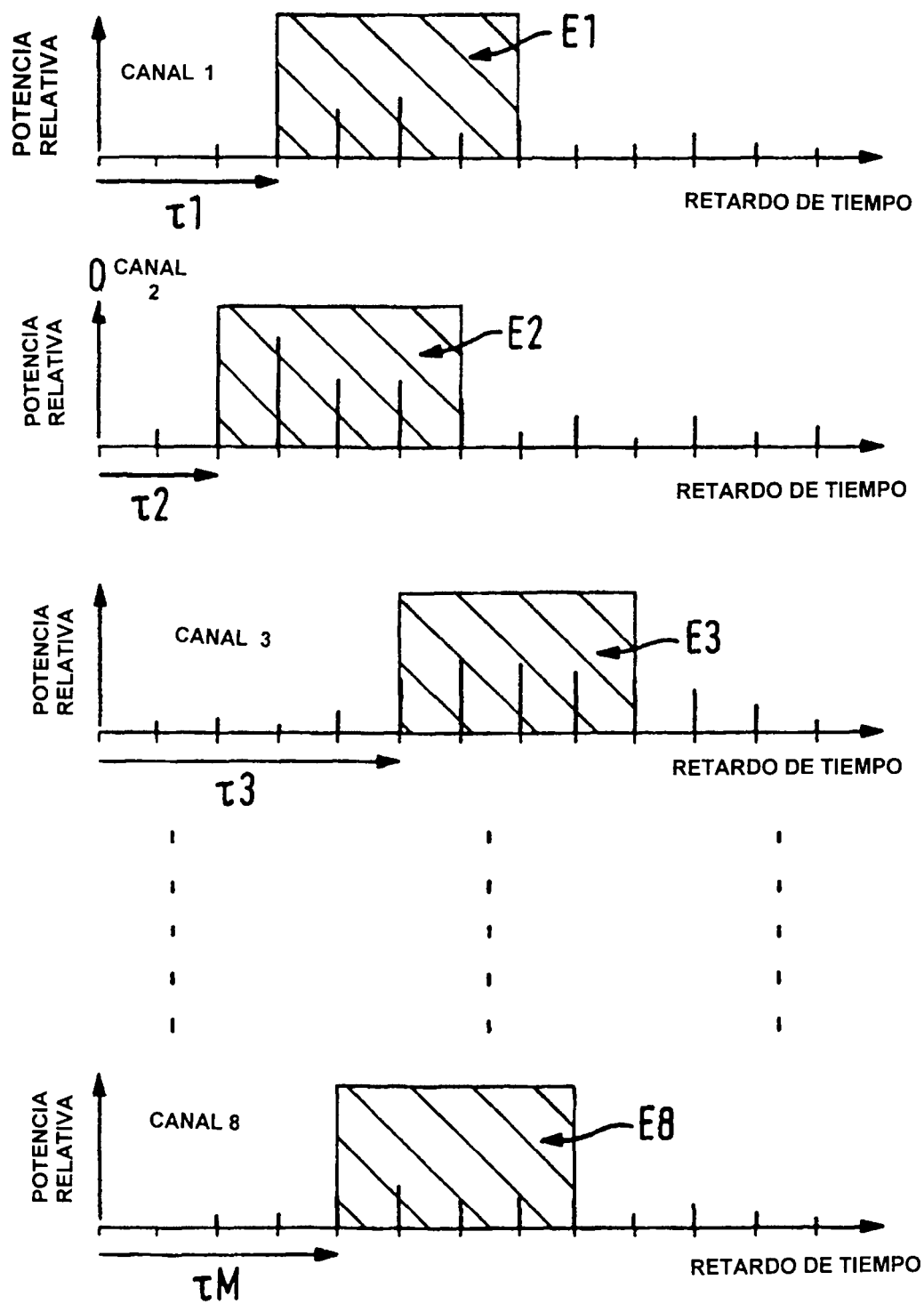


FIG. 5